ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO CONCRETO PRODUZIDO COM RESÍDUO SÓLIDO DE CERÂMICA VERMELHA

Cassio Fabian S. Campos[1], Giovane Bozette Mazini[2], Guilherme Augusto da Silva Neto[2]

[1]Docente, [2]Discente UNOESTE, Presidente Prudente, SP. e-mail: guisilvaneto@hotmail.com

RESUMO

A construção civil é responsável pela maior parcela do consumo de recursos naturais dentre todas as outras áreas, cerca de 50%, consequentemente, é também a maior geradora de rejeitos. Um destes rejeitos é a cerâmica vermelha, que devido a sua fragilidade se quebram facilmente gerando grande quantidade de entulhos. O presente projeto teve o objetivo de analisar a possibilidade da reutilização desse rejeito como agregado para o concreto comparando suas propriedades físicas e mecânicas, com o concreto convencional. Foram comparados os comportamentos de diferentes traços no concreto com uma substituição gradativa de 20% do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado de cerâmica vermelha até atingir 100% de agregado reciclado, avaliando as possíveis alterações na massa específica, absorção e índice de vazios, bem como a resistência mecânica a compressão. O concreto de referência apresentou resultados na ordem de 25 MPa aos 28 dias de idade, já os concretos produzidos com agregados reciclados apresentaram diminuição dos resultados da resistência à compressão de até 30%. Os demais índices físicos também sofreram alterações como o slump que apresentou valores 4 vezes maiores, o teor de absorção e o índice de vazios que aumentaram de 2 a 3 três vezes nos concretos com agregado reciclado. Isso acontece devido à diferença entre as massas específicas da brita e da cerâmica. Apesar da cerâmica afetar negativamente as propriedades mecânicas, esta diferença torna o concreto mais leve, ou seja, diminui o seu peso específico, o que pode ser favorável em algumas situações.

Palavras-chave: resíduo de cerâmica, concreto com agregado reciclado, agregado reciclado.

ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE PRODUCED WITH SOLID WASTE RED CERAMIC

ABSTRACT

The construction industry accounts for the largest share of consumption of natural resources among all other areas, about 50%. Consequently is also the largest generator of waste. One of these tailings is red ceramic, which due to its fragility break easily generate large amount of debris. This project aimed to examine the possibility of reuse of waste as aggregate for concrete comparing their physical and mechanical properties, with conventional concrete. We compared the behaviors of different traits in concrete with a gradual replacement of 20% of natural coarse aggregate by recycled aggregate red ceramic to achieve 100% recycled aggregate, evaluating possible changes in density, absorption and voids, as well as the mechanical compression. The reference concrete results presented in the order of 25 MPa at 28 days of age, since the concrete produced with recycled aggregates showed lower results of the compressive strength of up to 30%. The other indices also suffered physical changes as the slump that had values 4 times higher, the level of absorption and voids which increased 2-3 three times in concrete with recycled aggregate. This happens due to the difference between the densities of crushed stone and ceramics. Although the ceramic adversely affect the mechanical properties, this difference becomes lighter concrete, or decreases its specific weight, which may be favorable in some situations.

Keywords: waste ceramics, concrete with recycled aggregate, recycled aggregate.

INTRODUÇÃO

A preocupação com a sustentabilidade vem aumentando a cada dia em todas as áreas da economia, buscando-se maneiras alternativas de aumentar a eficiência da produção de modo a gerar menores impactos ambientais, possibilitando uma maior reutilização dos materiais e garantindo a manutenção dos recursos naturais e com isso maior qualidade de vida para gerações futuras. E em alguns casos, isso pode aumentar consideravelmente os lucros da empresa, além de obterem incentivos fiscais.

A construção civil é o setor que mais consome recursos naturais entre todas as economias (JOHN, 2000). Sendo assim também é a maior geradora de resíduos em massa dentro da malha urbana e, por falta de políticas adequadas, boa parte destes resíduos é disposta irregularmente (ÂNGULO; JOHN, 2002). Essa disposição inadequada gera uma série de problemas que afetam negativamente a vida em sociedade, colaborando principalmente na proliferação de doenças e também com o mau escoamento das águas pluviais que podem gerar enchentes.

Desde 2004, segundo a resolução número 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), as prefeituras não poderão mais dispor os rejeitos gerados pela construção civil em aterros sanitários. Portanto todo município deve criar o próprio sistema para gerenciamento e reaproveitamento dos resíduos da construção e demolição, considerando que, a disposição de rejeitos em locais inadequados contribui para a degradação do meio ambiente e que a gestão dos resíduos da construção civil proporciona benefício de ordem social, econômica e ambiental.

Conforme Carneiro et al. (2001), a construção civil utiliza entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Estima-se também, que a quantidade de entulho produzido nas atividades de construção, manutenção e demolição estejam entre 400 kg e 500 kg por habitante por ano. Os resíduos sólidos de construção, ou simplesmente entulho, são restos de materiais provenientes de obras e demolições, sendo considerados como um dos maiores problemas enfrentados pelas prefeituras brasileiras.

Uma solução de grande prestígio entre os pesquisadores do assunto é a reciclagem do resíduo de construção e demolição (RCD) e sua reutilização na própria construção civil como matéria prima alternativa (CABRAL, 2007). Com isso outra fonte de matéria prima é utilizada, e proporciona ainda a redução na disposição e no volume final dos resíduos (SANI et al., 2005). Estudos recentes buscam o desenvolvimento de materiais de construção de baixo custo que tratam do aproveitamento dos resíduos sólidos ou entulhos minerais para construção civil, para uso como agregados em argamassas ou concreto como agregado graúdo e miúdo (NUNES et al., 2007).

Outros países já utilizam esses agregados reciclados em concretos e buscam ainda sua consolidação no processo de reciclagem do agregado alterando as combinações entre os componentes dos agregados reciclados e naturais até atingir a substituição total no concreto obtendo assim melhores aproveitamentos da reciclagem. Dentre esses países destacam-se Japão, Inglaterra e Holanda (ÂNGULO; JOHN, 2002).

Segundo John, (2000) existe uma demanda no Brasil de 210 milhões de toneladas de agregados somente para o uso na construção civil na produção de concreto e argamassas, gerando assim aproximadamente 450 milhões de toneladas de entulho por ano. Sobre os resíduos de cerâmica vermelha, estima se que correspondem em média 30% do entulho

produzido pela construção civil no Brasil (CABRAL, 2007).

No Brasil a reciclagem de rejeitos com aplicação como material para construção, ainda é muito deficiente, quando comparada com países de primeiro mundo, com exceção das indústrias de cimento e aço (ÂNGULO et al., 2001). Essa deficiência se deve ao fato de que, no Brasil, apesar de existir resoluções vigentes que apontam os problemas nesse setor, elas ainda são tomadas como mínimas, quando comparadas com a preocupação com a preservação da natureza e proteção de animais em extinção.

Assim, a reciclagem e reutilização do rejeito gerado pela produção e manuseio da cerâmica vermelha vem como uma alternativa para preservação do meio ambiente, para reduzir os impactos que a produção de cerâmica proporciona e contribuir com o gerenciamento na construção civil, devido à grande demanda de agregados nesse setor. Gerando certa sustentabilidade desse material onde, o desgaste causado pela extração da matéria prima é recuperado com a reutilização desse material na própria construção civil, o que diminui a extração de outras matérias primas naturais, como areia e brita. Criando assim, uma alternativa sustentável para o uso de toda essa massa de entulho que seria descartada sem os mínimos cuidados quanto ao seu destino final.

Levando em conta as inovações promissoras no ramo da produção de concretos feitos com reciclagem de produtos antes descartados e de grande impacto ambiental, o setor da construção poderá minimizar os impactos causados pela exploração de recursos naturais, reutilizando resíduos sólidos que degradam o meio ambiente se tornando autossustentável.

JUSTIFICATIVA

Com a crescente necessidade de tornar as atividades econômicas cada vez mais sustentáveis e proporcionar maior reaproveitamento de materiais oriundos de processos industriais e construtivos, o presente projeto vem como uma possível alternativa para suprir essas necessidades dentro da problemática do desperdício na construção civil. A possível reutilização de entulhos e rejeitos, que seriam descartados em locais onde poderiam agredir o meio ambiente, como agregados para concreto torna-se uma alternativa muito viável para o problema em questão, bem como para suprir a demanda de agregados existente no mercado, tornando o setor da construção civil menos danoso ao meio ambiente.

Com a falta de políticas eficientes de coleta e tratamentos adequados de rejeitos gerados pela construção civil em Presidente Prudente - SP, a utilização da cerâmica vermelha nesse estudo vem aumentar as principais alternativas viáveis para essa região, devido ao grande número de obras e indústrias que utilizam esse material. A alternativa proposta para utilização desse concreto reciclado de cerâmica vermelha é a de produção de artefatos como, calçadas ecológicas, guias de sarjeta, postes, elementos vazados de acabamento, pisos grama, entre outros elementos cuja função não seja a de sustentação estrutural.

OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a viabilidade da utilização de concretos feitos com rejeitos de cerâmica vermelha, obtidos a partir de elementos de vedação cerâmicos que se danificam na sua utilização ou transporte e tratados por processos de britagem e peneiramento de modo a adequá-lo para a substituição de agregados graúdos naturais do concreto.

Para a análise das possíveis alterações no concreto, sendo elas benéficas ou deletérias, a pesquisa teve como objetivos principais:

- Avaliar as alterações nas propriedades do concreto em estado fresco (trabalhabilidade);
- Avaliar as alterações nas propriedades físicas do concreto endurecido. (resistência mecânica à compressão, índice de vazios, teor de absorção e massa específica).

Para tal, fez-se comparações com amostras piloto elaboradas de forma natural, onde tanto o concreto feito normalmente quanto o concreto feito a partir de resíduos cerâmicos obedeceram as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A produção dos moldes de concreto e metodologias de análises também seguiram as normas técnicas vigentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste projeto experimental foram realizadas avaliações das possíveis variações nas propriedades físicas e mecânicas do concreto tendo como agregado graúdo, cerâmica vermelha. Foram estudadas possíveis alterações, quanto a resistência à compressão, segundo NBR 5739. Aos coeficientes de absorção de água e índice de vazios seguirão a NBR 9778 e *slump*, um dos métodos mais utilizados para determinar a consistência e o ensaio de abatimento do concreto, segundo a NBR NM 67:1998. Todos os testes tiveram como comparação as propriedades de corpos de provas feitos com agregado natural comum.

O agregado reciclado de cerâmica que foi utilizado para os concretos em análise, após ser processado em um processo de britagem em triturador mecânico para concreto, o material resultante foi peneirado em malha 19 mm e a parte da cerâmica retida na peneira foi descartada, a passante foi re-peneirada na peneira de 4,8 mm, separando os agregados graúdos dos miúdos. A fração retida nesta última parte foi utilizada nesse experimento e a passante descartada. Após a preparação e homogeneização da cerâmica para deixá-la com frações características de um agregado graúdo para concreto, o material obtido foi submetidos aos mesmos ensaios competentes dos agregados, onde se obteve o módulo de finura 6,86 e diâmetro máximo de 19,1mm.

Para a fabricação dos corpos de prova foi utilizado o cimento Portland CPII-E 32, sendo o cimento mais utilizado em construções em geral.

Devido a finalidade do projeto, que é avaliar as alterações causadas pela substituição da cerâmica vermelha pela brita, o desenvolvimento de uma dosagem experimental não foi realizada, utilizando assim uma dosagem empírica proposta por Gildásio R. da Silva, em seu livro *Manual de Traços de Concreto* (1975, p. 36).

Para a realização deste projeto utilizou-se um traço para obtenção de resistências mínima de 20 MPa (Tabela 1).

Tabela 1. Traço a ser utilizado correspondente a 20 MPa com 28 dias de idade.

Materiais	**Composição unitária em massa por metro cúbico** (Kg)	**Composição unitária em massa por saco de 50 kg de cimento** (Kg)
Brita 1	1038	171,85
Areia (seca)	791	131
Cimento	302	50
Água	211	35
Fator a/c	0,70	0,70

Para determinar a quantidade exata de água utilizada na produção dos concretos, foi considerado o teor de umidade da areia. Para tal, obteve-se a umidade através da variação de massa da amostra no seu estado natural com a amostra seca em estufa. O teor de umidade do solo é a razão entre o peso da água contida no solo pelo peso do solo seco e é medida em porcentagem. O valor da umidade encontrada na areia utilizada para realização dos procedimentos foi de 7,8%.

O volume de brita que foi substituído pelo agregado reciclado foi aumentado gradativamente em 20%, ou seja, 1/5 do seu total (Tabela 2). Testes e comparações foram realizados de desempenhos físicos e mecânicos, através de uma prensa hidráulica (Máquina Universal de Ensaios – 100 ton. – EMIC / Nº série: N0940-NS017). Tomou-se por base o desempenho de corpos de provas feitos somente com o agregado comum.

Tabela 2. Teor de substituição da brita pelo agregado reciclado.

Traço	**Brita** (%)	**Quantidade** (lt)	**Agregado Reciclado** (%)	**Quantidade** (lt)
Piloto	100	122,0	0	---------
1	80	97,6	20	24,4
2	60	73,2	40	48,8
3	40	48,8	60	73,2
4	20	24,4	80	97,6
5	0	----	100	122,0

Deve-se ressaltar que existem diferenças entre as características e propriedades físicas de cada tipo de agregado. A primeira diferença é o volume do agregado reciclado, onde, substituir simplesmente um agregado pelo outro resultaria em traços com quantidades maiores de agregados reciclados.

Tendo em vista que a massa específica dos agregados reciclados é menor que a massa específica dos agregados naturais, uma quantidade maior de água e cimento seria necessária para a produção de traços com equivalência em relação ao concreto com o agregado comum. Para fazer a correção e determinar precisamente a quantidade correta, em massa, do agregado reciclado, foi utilizada a equação seguinte (CABRAL et. al., 2009) usando a proporção entre suas massas específicas que resulta no valor exato correspondente a quantidade de agregado reciclado a ser usado.

$$M_{AR} = M_{AN} \cdot \frac{\rho_{AR}}{\rho_{AN}} \quad (1)$$

Onde:

M_{AR} = Massa do agregado reciclado, em kg.

M_{AN} = Massa do agregado natural, em kg.

ρ_{AR} = Massa específica do agregado reciclado, em g/cm^3.

ρ_{AN} = Massa específica do agregado natural, em g/cm³.

Outra diferença entre a brita e a cerâmica é o teor de absorção de água. A cerâmica absorve uma quantidade muito maior de água do que a brita, devido à quantidade de poros, abertos e ligados entre si, existentes no corpo cerâmico depois de queimado (NUNES et. al., 2007). Existe uma diferença de 14,4% entre os coeficientes de absorção de água dos agregados, para que essa diferença não afete no resultado final, antes do preparo do concreto foi realizada uma saturação do agregado reciclado. A quantidade necessária foi imersa em água durante 10 minutos, antes de ser adicionado na mistura para que no momento em que a água do preparo fosse colocada, o material já estivesse saturado de modo a não alterar a relação de água e cimento da massa.

Tabela 3. Características dos agregados graúdos.

	Método de ensaio	
	NM 53/02	**NM 53/02**
Agregado	**Absorção** (%)	**Massa específica** (g/cm³)
Graúdo natural (brita 1)	1,22	2,87
Graúdo reciclado de cer. vermelha	15,62	1,86

Após o preparo do concreto foi feita a medição do assentamento através do teste de slump com a massa fresca. Em seguida moldam-se os corpos de prova cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, obedecendo a NBR 5738, que determina os procedimentos para a moldagem de corpos de prova cilíndricos para ensaio de resistência a compressão que ficaram nos moldes por 24 horas em repouso.

Transcorrido o tempo estabelecido, as formas foram retiradas e o material foi confinado na câmara úmida para realização da cura. Para obtenção de melhores resultados, os ensaios de resistência à compressão foram feitos em cinco amostras para cada traço.

Quanto à absorção de água e o índice de vazios, dois corpos de prova foram feitos com cada traço e o ensaio foi realizado segundo NBR 9778:2009.

RESULTADOS

Seguindo a ordem da execução dos ensaios, o primeiro tema a ser abordado foi o slump test que é determinado logo após o mistura do concreto, o resultado do ensaio nos fornece um parâmetro para mensurar a trabalhabilidade, propriedade do concreto recém misturado que determina a facilidade e a homogeneidade com a qual o material pode ser misturado, lançado, adensado e acabado. Valores estes obtidos conforme determinação da NBR NM 67.

A geometria do agregado graúdo influencia na capacidade do agregado adensar-se de forma homogênea com a argamassa de cimento. Portanto agregados com formatos geometricamente definidos possuem maior facilidade de adensar-se do que agregados com formatos indefinidos. O agregado reciclado de cerâmica vermelha possui forma lamelar e uma superfície relativamente lisa quando comparados com o basalto (brita) causando assim um

aumento considerável nos resultados do slump test quando se substitui o agregado natural pelo agregado reciclado, conforme mostrado na Tabela 4 e na Figura 1.

Tabela 4. Resultados do Slump Test.

	NM 67:1998
Traço	**Abatimento do Cone (cm)**
Piloto	4,5
1 (20%)	6,0
2 (40%)	10,1
3 (60%)	12,3
4 (80%)	16,4
5 (100%)	17,9

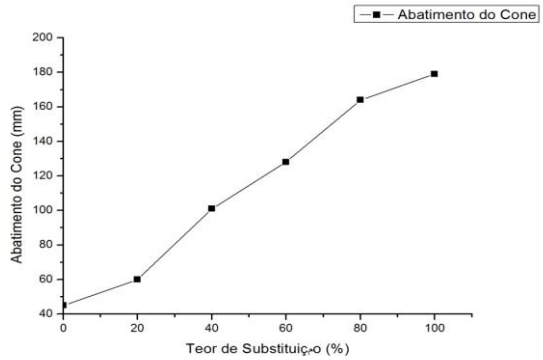

Figura 1. Resultados do Slump Test.

Os testes de resistência a compressão apresentaram uma diminuição significativa nesta capacidade quando a substituição foi feita.

Considerando que a resistência à compressão do concreto é um fator determinante para sua utilização, tanto para função estrutural e não estrutural (Tabela 5).

Tabela 5. Média das Resistências a Compressão em MPa.

	Idade do Concreto		
Traço	**7 Dias**	**14 Dias**	**28 Dias**
Piloto	19,79	25,13	25,34
1 (20%)	15,38	19,00	20,37
2 (40%)	14,39	17,80	20,27
3 (60%)	12,92	17,47	18,26
4 (80%)	12,35	15,01	18,08
5 (100%)	10,59	13,95	17,32

Observa-se que o traço piloto com agregado natural, apresentou resultado superior ao esperado chegando a uma média de 25,34 MPa aos 28 dias de idade. Durante o processo de substituição, foi constatado que as resistências apresentaram resultados inferiores. Nota-se que até 40% da substituição da brita pela cerâmica vermelha a resistência do concreto manteve-se acima da resistência mínima desejada de 20MPa. Quando 100% do agregado foi substituído os valores obtidos para resistência foram de 17,32 MPa aos 28 dias de idade. Os gráficos a seguir mostram o comportamento do composto mediante a substituição.

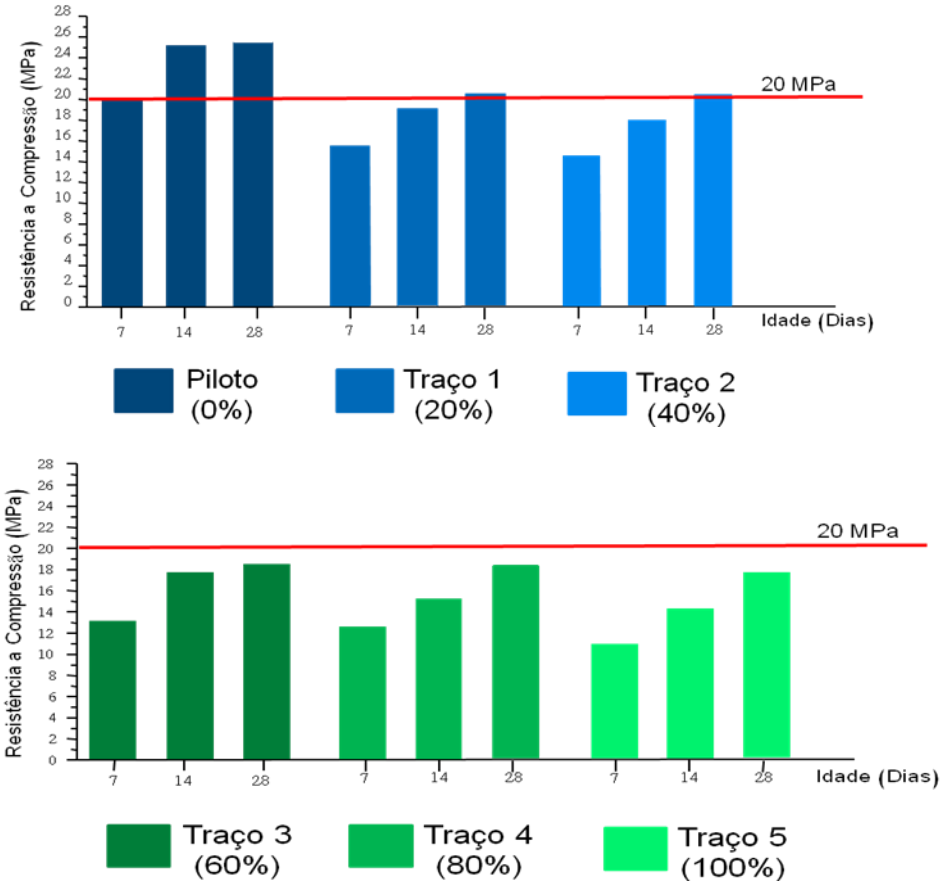

Figura 2. Média das Resistências a Compressão por Idade, em comparação com o parâmetro de 20 MPa.

A Tabela 6 mostra a proporção do ganho de resistência de cada traço em função do tempo.

Tabela 6. Ganho proporcional de resistência conforme o tempo, tendo vinte e oito dias como 100%.

	Idade do Concreto		
Traço	**7 Dias**	**14 Dias**	**28 Dias**
Piloto	78,1%	99,2%	100%
1 (20%)	75,5%	93,3%	100%
2 (40%)	71,0%	87,8%	100%
3 (60%)	70,8%	95,7%	100%
4 (80%)	68,3%	83,0%	100%
5 (100%)	61,1%	80,5%	100%

Acredita-se que esse ganho mais lento de resistência indica que o material cerâmico não fornece propriedades pozolamicas à argamassa de cimento.

Os resultados do teor de absorção e o índice de vazios do concreto por imersão e fervura segundo NBR 9778 (2005) são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultado do ensaio de determinação do Teor de Absorção e Índice de vazios.

Traço	**Teor de Absorção** (%)	**Índice de vazios** (%)
Piloto	5,48	12,70
1 (20%)	6,47	14,61
2 (40%)	8,93	19,05
3 (60%)	9,82	20,32
4 (80%)	12,30	24,13
5 (100%)	14,58	27,31

Nota-se que o teor de absorção do concreto mostra o volume total de poros

permeáveis na estrutura do concreto, poros que tenham ligação da superfície com o núcleo do concreto, já o índice de vazios do concreto determina a quantidade total de poros na estrutura do concreto sejam eles permeáveis ou não.

A partir da Tabela anterior pode-se notar que a medida que se aumenta o teor de cerâmica no concreto aumenta-se também o teor de absorção de água bem como o índice de vazios. Conforme observado na Figura 3.

O aumento nos valores de absorção e do índice de vazios conforme a substituição do agregado é justificado pela porosidade característica da cerâmica vermelha e de sua alta capacidade de absorção de água.

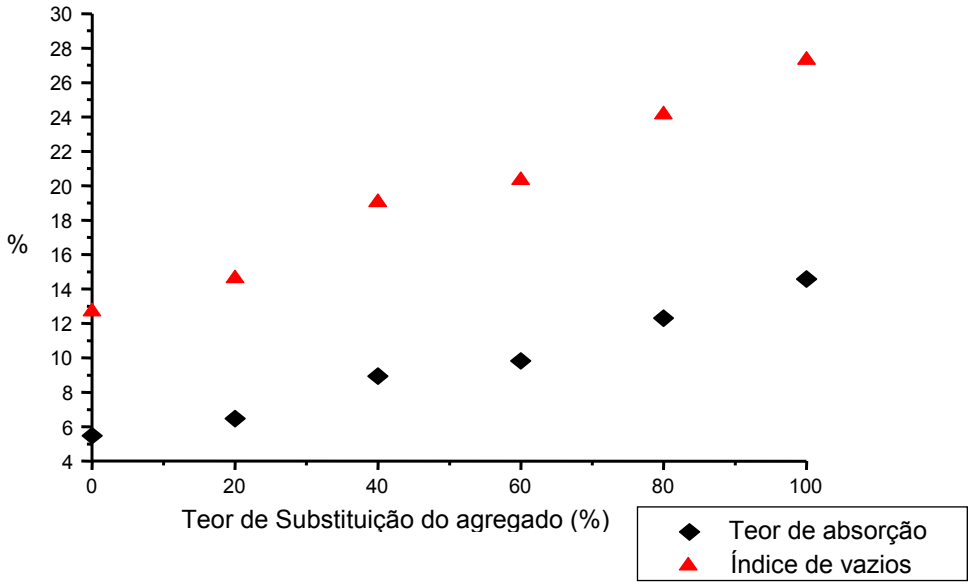

Figura 3. Aumento do valor do teor de absorção e do índice de vazios conforme aumenta o teor de substituição.

CONCLUSÃO

Como a cerâmica vermelha já vem de um processo de industrialização é natural encontrar uma diferença de resultados em relação ao concreto convencional, porém os experimentos mostraram que para utilizar os agregados reciclados são necessárias medidas para corrigir as diferenças entre os materiais. Com relação ao abatimento, o agregado reciclado de cerâmica proporciona um aumento significativo, devido o seu formato mais propício para o assentamento dentro do concreto e ao seu peso específico ser bem inferior ao da brita. Quanto a resistência à compressão, a substituição do agregado graúdo natural pelo agregado reciclado de cerâmica é viável até o limite de 40% considerando que nessa proporção o concreto permaneceu com resistência acima dos 20 MPa viabilizando sua utilização em lugares que não demandem altas resistências. O concreto produzido apresentou-se mais leve e com maior trabalhabilidade, mas houve um gasto maior no consumo de água para sua produção devido à porosidade da cerâmica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ***NBR 5738 - concreto: procedimento para moldagem e cura de***

corpos de prova, para realizar os ensaios de resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ***NBR 5739 - concreto: ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos***. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ***NBR 9778*** - ***Argamassa e concreto endurecido - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.*** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ***NBR NM 53:2002*** - **Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água*.*** Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ***NBR NM 67:1998 - Concreto - Determinação Da Consistência Pelo Abatimento Do Tronco De Cone.*** Rio de Janeiro, 1998.

ÂNGULO, S.C. et. al., Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. In: CT206 - IBRACON. São Paulo, 2001**. Anais...** São Paulo, IBRACON, 2001.

ÂNGULO, S.C.; JOHN, V.M. Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9. Foz do Iguaçu, 2002**. Anais...** Foz do Iguaçu, ENTAC, 2002.

ALVES, J. D., - **Manual de tecnologia do concreto**. Goiânia: Ed. Universidade Federal de Goiás, 1982. 156 p.

BASILIO, E. S. **Agregados para Concreto.** São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1984. 43 p.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD.** Tese (Doutorado) – 2007, Esc. Eng. S. Carlos, USP, São Carlos, SP 2007.

CABRAL, A. E. B. et. al. Modelagem da resistência a compressão de concretos produzidos com agregados reciclados de RCD. **Minerva – Pesquisa e Tecnologia**, São Carlos, v. 4, n. 1, p. 75-84, jan./ jun. 2007.

CABRAL, A. E. B. et. al. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo, v. 55, n. 335, p. 448-460, jul./ set. 2009.

CARNEIRO, A.P. et al. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**. Salvador. Ed. EDUFBA. 2001. 312 p.

FONSECA, A. P. **Estudo comparativo de concretos com agregados graúdo reciclado de telha cerâmica e agregado graúdo natural.** Dissertação (mestrado) – 2006, Fac. Eng. Uberlândia (FECIV), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG 2006.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo:1992, PINI. 349p.

HELL, R. **A prática de cerâmica no Brasil e aplicação destes produtos na arquitetura e construção.** São Paulo: Edanee, [197-?]. 270 p.: il.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LEVY, S.M. **Contribuição ao estrudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria**. 2002. 194p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LIMA, S. A. et. al. Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS, 6, Cordoba, Argentina, 2010. **Anais...** Cordoba, Argentina, 2010.

LOPEZ, D. A. R.; AZEVEDO, C. A. P.; BARBOSA NETO, E. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de concretos produzidos com vidro cominuido como agregado fino. **Cerâmica**, São Paulo, v. 51, n. 319, p. 318-324, jul./ set. 2005.

MODRO, N.L.R; MODRO, N.R ; OLIVEIRA, A. P .N. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, pp. 725 – 736, 2009.

NUNES, J. B. M. et. al. Estudo do Agregado do Descarte da Indústria da Construção Civil para Uso na Própria Indústria. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 51. Salvador, 2007. **Anais...** Salvador, 2007.

SANI, D. et. al. Leaching and mechanical behavior of concrete manufactured with recycled aggregates. **Waste Management**, v. 25, p. 177-182, 2005.

http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2004.12.006

SILVA, G. R. da, **Manual de traços de concreto**. São Paulo: Nobel, 1975. 113p.

SOBRAL, H. S. **Resistência mecânica e deformações do concreto**. São Paulo: ABCP, 1983. 77 p.